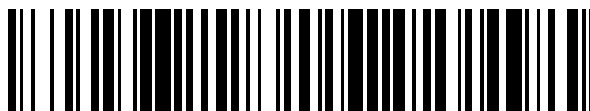


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 255**

51 Int. Cl.:

F42B 3/113 (2006.01)

F42D 1/055 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.05.2011** **PCT/US2011/035706**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011** **WO11140549**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2011** **E 11778482 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019** **EP 2567183**

54 Título: **Dispositivo de iniciación, sistema de voladura y método de voladura**

30 Prioridad:

07.05.2010 AU 2010901993

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

17.06.2020

73 Titular/es:

ORICA INTERNATIONAL PTE LTD (100.0%)
78 Shenton Way, 06-15 Tower 2
Singapore 079120, SG

72 Inventor/es:

GOODRIDGE, RICHARD JOHN;
APPLEBY, RODNEY WAYNE;
JOHNSON, DAVID OLAF y
MILLER, THOMAS M

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 767 255 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de iniciación, sistema de voladura y método de voladura

La presente invención se refiere a un dispositivo para la iniciación de una carga de explosivos, a un sistema de voladura que incluye el dispositivo y a un método de voladura que usa el dispositivo. Se cree que la invención tiene una particular utilidad en operaciones de voladura comerciales, tales como en minería y en pozos de petróleo y gas.

Antecedentes de la invención

En operaciones de voladura comerciales un volumen o explosivo empaquetado es generalmente requerido ser iniciado de acuerdo con un diseño de explosivo que especifica el momento y la secuencia de iniciación entre cargas individuales en una voladura. En este contexto el volumen o explosivo empaquetado es responsable de la fracturación de rocas etc – es la carga de explosivos o de “trabajo” principal. Esta carga de explosivos es en sí típicamente iniciada disparando una pequeña carga de explosivos que es invariablemente proporcionada en un encierro pesado en la forma de un detonador de cartucho. El detonador está en comunicación por señales con un equipo de control de la voladura que es responsable de su disparo. Hay una necesidad continua de mejorar el funcionamiento de las voladuras comerciales mediante el desarrollo de metodologías de voladura y los componentes usados. La presente invención pretende contribuir en este aspecto.

La Patente de EEUU N° 4.862.802 expone un método de ignición pirotécnico en el que la o las barras de laser semiconductor contienen un número de fuentes de matriz laser independientes que proporcionan una potencia óptica en una secuencia especificada a través de fibras ópticas a un conjunto de elementos pirotécnicos con el fin de iniciar una secuencia de sucesos pirotécnicos.

La Patente de EEUU N° 3.362.329 se refiere a un dispositivo electroexplosivo y describe una tapa detonadora en la que la energía eléctrica que es usada para iniciar la explosión está acoplada al material usado como el primer explosivo por medio de un rayo de laser, en donde la radiación de salida de laser es transmitida por medio de fibra óptica.

La Patente de EEUU N° 6.460.460 describe una granada activada por laser que incluye una fuente de laser controlable que es activada para generar impulsos de radiación. Un cable de fibra óptica transmite los impulsos de radiación (luz) a un material energético (explosivo) dentro de la granada para inflamar el material energético.

La Patente de EEUU N° 6.499.404 expone un elemento de ignición que tiene una fuente de luz de laser para inflamar el explosivo en un cuerpo de detonación, en donde la fuente de luz de laser es un diodo de laser y el explosivo para ser inflamado está dispuesto directamente sobre la porción del alojamiento del diodo de laser que es permeable a la luz de laser.

Compendio de la invención

Por lo tanto, en una realización la presente invención proporciona un dispositivo de iniciación para la iniciación de una carga de explosivos, la cual comprende:

un transceptor para la recepción de señales de mando inalámbricas;

un circuito de control para el procesamiento de señales de mando inalámbricas recibidas por el transceptor; y

una fuente de luz que es apropiada para la iniciación de la carga de explosivos y que es activada por el circuito de control;

en donde el circuito de control comprende un mecanismo de temporización para permitir el control preciso de la activación de la fuente de luz cuando una orden de disparo es recibida por el transceptor, y en donde la fuente de luz descarga a través de una lente de enfoque directamente en o sobre la carga de explosivos, y

en donde la carga de explosivos es un material de explosivos secundarios dosificado con un medio de transferencia de calor.

En uso, este dispositivo de iniciación será asociado operativamente con una carga de explosivos que es capaz de ser iniciada por la fuente de luz. Por lo tanto, en otra realización se ha dispuesto un dispositivo explosivo que comprende un dispositivo de iniciación de acuerdo con la invención y una carga de explosivos asociada, estando la carga de explosivos dispuesta y adaptada para ser iniciada por la fuente de luz.

La invención también proporciona un método de voladura que usa el dispositivo de iniciación de la invención, y un sistema de voladura que comprende el dispositivo de iniciación y el equipo de control de voladura asociado.

Como se explicará, la presente invención combina la capacidad de comunicación inalámbrica con la iniciación con luz de una carga de explosivos. Se cree que esta combinación proporciona unas mejoras significativas sobre las metodologías y componentes de voladuras conocidos.

Discusión detallada de la invención

El dispositivo de iniciación subyacente de la presente invención incluye un transceptor y la función de éste es recibir señales de comunicación inalámbricas enviadas desde el equipo de control de la voladura. El dispositivo puede por lo tanto ser controlado a distancia sin la necesidad de conexiones físicas (por ejemplo, cables) para transportar las señales de mando requeridas en una operación de voladura. Preferiblemente, el transceptor tiene la capacidad de comunicación bidireccional de modo que tales cosas como el diagnóstico y las comprobaciones del estado pueden ser realizadas antes de que se inicie una voladura. El uso de comunicación inalámbrica en las operaciones de voladura es conocido en la técnica y los transceptores útiles en la presente invención son conocidos y disponibles, o pueden ser realizados por la adaptación de componentes conocidos. En una realización del dispositivo de iniciación de la presente invención el transceptor tiene la capacidad de recibir solamente señales de mando inalámbricas.

El dispositivo de iniciación incluye también un circuito de control. La función básica de éste es procesar las señales de mando inalámbricas recibidas por el transceptor y, sujeto a la recepción de una señal de mando apropiada, activar la fuente de luz asociada. En la práctica el circuito de control es posible que tenga una capacidad funcional adicional y será receptivo a una variedad de señales de mando inalámbricas recibidas por el transceptor.

El circuito de control incluye algún tipo de mecanismo de temporización para permitir el control preciso de la activación de la fuente de luz cuando una orden FIRE es recibida por el transceptor. El circuito de control será invariablemente un circuito integrado. Tales circuitos son bien conocidos en la técnica. Por ejemplo se usan en detonadores electrónicos con el fin de controlar la funcionalidad del detonador y la iniciación temporizada. Un experto en la técnica por lo tanto sería familiar con el diseño y los componentes requeridos en tales circuitos.

El dispositivo de iniciación incluye también una fuente de luz, y la función de ésta es provocar la iniciación de una carga de explosivos secundaria en o sobre la cual la luz procedente de la fuente de luz es descargada a través de una lente de enfoque. La fuente de luz usada en un dispositivo particular se seleccionará basándose en el tipo de la carga de explosivos para ser iniciada – el emparejamiento apropiado de la fuente de luz y la carga de explosivos es importante para la puesta en práctica de la presente invención. Normalmente, la carga de explosivos habrá sido sensibilizada de alguna forma para hacerla susceptible a la iniciación por una fuente de luz dada. Como se ha advertido antes, la fuente de luz descarga directamente en/sobre la carga de explosivos con una lente de enfoque.

Una característica importante de la presente invención es que cada dispositivo de iniciación tiene su propia fuente de luz y, en uso, ésta estará normalmente situada en un agujero de taladro (o agujero o similar). La fuente de luz es controlada por el circuito de control del dispositivo. El dispositivo está controlado (inalámbricamente) del equipo de control de voladura pero, de otro modo, el dispositivo es autogobernado. Esto significa, por ejemplo, que una única orden de disparo puede ser enviada a unos dispositivos del conjunto de iniciación con los dispositivos siendo entonces capaz de poner en marcha el disparo independientemente de acuerdo con el tiempo de retardo programado en el circuito de disparo. Esto permite un mayor control y fiabilidad. Esta disposición también permite alcanzar un frente ardiente en un campo de voladura en el que un particular dispositivo o dispositivos de iniciación ha/han sido iniciados (luz) mientras que otros dispositivos de iniciación están en el proceso de tiempo de espera para la iniciación (luz).

Esta disposición debería ser contrastada con un sistema en el que una única fuente de luz (centralizada) se usa para entregar luz a través de una fibra óptica individual a varios puntos de iniciación prevista. Esta disposición ofrece solamente un control rudimentario ya que una única fuente de luz es usada para iniciar varios casos de iniciación y esta fuente de luz puede solamente estar encendida o apagada. Se requerirían unos conmutadores ópticos para controlar la transmisión de luz por una fibra óptica individual y esto ayuda a operar la complejidad y el coste. También puede haber problemas de fiabilidad con este tipo de sistema ya que existe la posibilidad de que una fibra óptica quede dañada por la detonación de cargas en la proximidad antes o durante la transmisión de luz por la fibra óptica. El método usado en la presente invención no tiene estas desventajas.

En una realización de la invención el dispositivo de iniciación incluye un único transceptor y una pluralidad de circuitos de control y fuentes de luz asociados. En esta realización el transceptor tiene la capacidad de dirigir varios circuitos de control independientes y fuentes de luz asociadas con estos circuitos de control. Esto permite que varias unidades de control (y fuentes de luz) sean cargadas en el mismo agujero de voladura con todos los circuitos de control estando en comunicación con un único transceptor. Esto permite que cada circuito de control / fuente de luz inicie una carga explosiva asociada en tiempos de retardo independientes mientras que se mantiene un frente ardiente. En otras palabras, esta realización permite una multicubierto de un agujero de voladura usando el mismo transceptor, advirtiendo aquí que los componentes del fondo del agujero (circuitos de control y fuentes de luz) están alimentados independientemente. En esta realización el transceptor puede estar dispuesto en la superficie al nivel del suelo aunque es posible dependiendo de la naturaleza de las órdenes inalámbricas al transceptor que está situado debajo del suelo en el agujero de voladura.

De acuerdo con la invención, las señales de mando inalámbricas son enviadas desde el equipamiento del control de voladura al transceptor de un dispositivo de iniciación. Se puede confiar en uno o más mecanismos para asegurar una transmisión y recepción apropiadas de las señales de mando.

En una realización el transceptor puede necesitar estar físicamente situado de modo que las señales de mando inalámbricas puedan ser recibidas directamente. Por ejemplo, en este caso, el transceptor puede necesitar estar dispuesto en la parte superior de un agujero de voladura. En este caso la comunicación puede realizarse usando unos sistemas y protocolos de transmisión de radiofrecuencia normales.

- 5 En otra realización el transceptor puede estar situado debajo del nivel del suelo siendo transmitidas las señales de mando inalámbricas a través del suelo por medio de señales de baja frecuencia. La comunicación en baja frecuencia es normal en la industria de la minería y ya existe un número de sistemas para controlar la voladura.

- 10 Una posibilidad adicional podría ser implicar el uso de un sistema aéreo que se extienda desde el transceptor a un punto en el que las señales de mando inalámbricas puedan ser recibidas. Por ejemplo, si el dispositivo de iniciación está situado en un agujero del taladro, un cable aéreo puede extenderse desde el transceptor a lo largo de la longitud del agujero del taladro a la superficie.

- 15 En otra realización más de la presente invención, la comunicación directa entre el equipo de control de la voladura y uno o más dispositivos de iniciación no es necesaria para la puesta en práctica con éxito. Esta realización implica la comunicación indirecta entre estos componentes por la formación de una red de baja potencia en la que uno o más dispositivos de iniciación actúan para retransmitir una señal de mando inalámbrica a un dispositivo de iniciación particular incluso si ese dispositivo está fuera del alcance o por otra parte es incapaz de recibir directamente la señal de mando inalámbrica. En esta realización uno o más dispositivos de iniciación que no está/están previsto que actúen en una señal de mando inalámbrica retransmitan la señal a uno o más dispositivos de iniciación que está/están destinados a actuar sobre la señal de mando. Se apreciará que en esta realización los dispositivos de iniciación tendrán también la posibilidad de transmitir señales de mando inalámbricas. La formación de una red de comunicación cruzada puede extender de esta manera el alcance en el que una señal de mando puede ser efectiva. Este método es expuesto en la Publicación de la Patente Internacional N° WO 2006/076777 titulada "Conjuntos de detonadores inalámbricos, y las redes correspondientes".

- 25 Una clara ventaja del uso de una red de dispositivos de iniciación para asegurar la comunicación de las señales de mando en un campo de voladura es que si se pierde una "conexión" de comunicación a un dispositivo particular, puede ser posible redirigir la ruta de comunicación alrededor de la conexión perdida manteniendo de este modo la operatividad. El sistema puede también estar configurado para diagnosticar problemas de comunicación permitiendo de este modo adoptar la acción correctora. Éste debería ser contrastado con sistemas de comunicación directa en los que la pérdida de una única ruta de comunicación hundiría todo el sistema.

- 30 Otra ventaja de emplear una red de baja potencia para facilitar la comunicación de señales de mando inalámbricas es que la red tiene el potencial para permitir la comunicación bidireccional. En este caso se usa un transceptor que tiene la capacidad de comunicación bidireccional. Esto permite, por ejemplo, que un dispositivo de iniciación envíe información al equipo de control de la voladura en el estado actual de una red de los dispositivos y para el equipo de control de la voladura comunicar a los dispositivos de iniciación individual los protocolos de temporización y las órdenes de disparo. Por lo tanto, el control, la temporización y el disparo de una voladura pueden ser realizados usando un sistema (inalámbrico) a distancia con una comunicación bidireccional que permita al operador de voladura evaluar el estado y funcionamiento del sistema de voladura antes de realizar una orden de disparo. Esto añade un nivel extra de seguridad a una operación de voladura. Otra ventaja adicional es que la red es de baja potencia y, como tal, no debería interferir con otros sistemas de comunicaciones en operación en un lugar de voladura. Además, al ser una red de baja potencia, es posible que se requiera una licencia de operación especial.

- 35 En el dispositivo de iniciación el transceptor es requerido para estar en comunicación por señales con el circuito de control. Los dos componentes pueden ser dispuestos conjuntamente, por ejemplo en un único alojamiento, o pueden estar separados aunque apropiadamente conectados para la comunicación por señales por ejemplo, mediante unos medios de comunicación por cable, inalámbricos u ópticos. Igualmente, el circuito de control es requerido para estar en comunicación por señales con la fuente de luz con el fin de activar la fuente de luz si es necesario. El circuito de control y la fuente de luz pueden estar dispuestos conjuntamente, por ejemplo dentro del mismo alojamiento, o pueden estar separados aunque apropiadamente conectados. El dispositivo de iniciación también requerirá un suministro de energía para alimentar al transceptor, el circuito de control y la fuente de luz. El suministro de energía puede estar físicamente asociado con el dispositivo, o un componente de él, pero esto no es esencial. A este respecto, los requerimientos y las reglamentaciones de seguridad relativas a la provisión de un suministro de energía en una unidad de fondo del pozo puede ser necesario que sean respetados.

- 45 El suministro de energía puede ser convencional en diseño, tal como una batería de bajo voltaje (posiblemente situada con el componente de la fuente de luz) o un supercondensador cargado desde una batería. En el último caso, el supercondensador puede ser cargado usando una batería dispuesta en la superficie con el supercondensador dispuesto como parte de los componentes del fondo del agujero.

- 55 En otra realización uno o más componentes del dispositivo pueden ser alimentados por unos medios menos convencionales. Por ejemplo, puede ser posible usar medios ambientales, tales como la energía solar. Pueden existir otras posibilidades dependiendo de cómo la presente invención está aplicada en la práctica. No obstante,

puede ser deseable para el dispositivo de la invención funcionar sin la necesidad de usar una fuente de energía convencional tal como una batería.

Se apreciará a partir de los anteriores párrafos que la funcionalidad del transceptor y de la fuente de luz pueden estar físicamente separados uno de otro (el circuito de control puede estar asociado con cualquiera). De este modo, el transceptor podría estar colocado en o encima del nivel del suelo y la fuente de luz (la funcionalidad de disparo del dispositivo) dispuesta contigua o sobre la parte superior de un tren de explosivos (de explosivos de trabajo) en un agujero del taladro. Esto ofrece varias ventajas como vienen a continuación:

- Un diseño simplificado para la recepción de las señales de mando inalámbricas.
- El transceptor puede ser usado para transmitir datos del funcionamiento de la voladura durante y posiblemente después de una voladura. Por ejemplo, si el transmisor y la unidad de control están conectados por cables, el cable podría ser usado para medir la VOD en el agujero por un cambio de la resistencia y esta información transmitida de vuelta al centro de control.
- El tamaño de los componentes del fondo del taladro puede ser reducido y esto será beneficioso para aplicaciones en pequeños taladros. A este respecto, los láseres de estado sólido actual pueden tener un diseño muy compacto.
- Como se ha advertido, puede ser posible para un único transceptor, por ejemplo situado en la superficie, controlar la activación de un número de unidades de disparo en el agujero teniendo varios puntos de salida que permitan la conexión de un número de unidades. Esto sería beneficioso para agujeros en los que hay varios detonadores, por ejemplo agujeros multicubierta.

La carga de explosivos que es iniciada por luz de acuerdo con la presente invención puede ser usada para iniciar un "trabajo" asociado o carga de explosivos principal. En este caso la carga de explosivos iniciada por luz es relativamente pequeña pero seleccionada para, no obstante, ser efectiva en la detonación de la carga de explosivos principal. En este caso, las cargas explosivas iniciadas por luz pueden estar dispuestas bajo un confinamiento pesado según un detonador de cartuchos convencional. La luz puede ser entregada directamente en el cartucho.

En otra realización, la carga de explosivos iniciada por luz se usa para detonar una carga de explosivos principal asociada aunque la disposición está libre de detonador. En este caso, la carga de explosivos iniciada por luz está dispuesta en contacto directo con al menos parte de la carga principal o las dos pueden estar separadas por una membrana que no influye en la detonación de la carga de explosivos principal. Este método se describe en la Publicación de Patente Internacional N° WO 2008/113108 titulada "Iniciación de materiales explosivos". Esto último estipula el uso de una fibra óptica para transportar la luz aunque no es esencial de acuerdo con la presente invención.

Por lo tanto, en esta realización la presente invención proporciona un sistema de voladura sin detonador, el cual comprende:

una carga de explosivos de trabajo;

una carga de explosivos confinados; y

un dispositivo de iniciación de acuerdo con la presente invención, en donde el dispositivo de iniciación está dispuesto para entregar luz directamente en o sobre la carga de explosivos confinados y la carga de explosivos confinados está adaptada para ser iniciada por esa luz y en donde la iniciación de la carga de explosivos confinados provoca la iniciación del explosivo de trabajo.

De acuerdo con esta realización, la carga de explosivos de trabajo es iniciada por la detonación de la carga de explosivos confinados. A su vez, la iniciación de la carga confinada es provocada por la irradiación del explosivo confinado por una fuente de luz apropiada. De este modo, el explosivo de trabajo es iniciado sin usar un dispositivo detonador convencional.

De acuerdo con esta realización, la iniciación se consigue irradiando la carga confinada hasta que ocurra su ignición. La carga confinada es confinada de modo que esta ignición inicial se propague hasta la total detonación. La carga confinada y la carga de trabajo están dispuestas una con relación a la otra de modo que la detonación de la carga confinada provoque la iniciación de la carga de trabajo. En una realización de la invención, una porción de la carga confinada y una porción de la carga de trabajo pueden estar en contacto directo. Sin embargo, en otras realizaciones esto puede no ser esencial, siempre que la relación operativa pretendida entre las cargas sea retenida. Por ejemplo, en ciertas realizaciones las cargas pueden estar separadas por una membrana o similar. En este caso la membrana, o similar, puede ser incluida para facilidad de manufactura; la membrana (o similar) no influye en la detonación de la carga de trabajo.

La carga de explosivos de trabajo que se usa es generalmente también un explosivo secundario. El sistema de voladura de la invención puede por lo tanto estar libre de explosivos primarios. La carga de explosivos de trabajo

puede ser la misma que o diferente de la carga de explosivos iniciados por luz. Cuando las cargas son del mismo material explosivo, la invención puede ser puesta en práctica por un confinamiento apropiado de una porción de la masa explosiva.

5 Un aspecto importante de esta realización es la forma en la que la carga de explosivos confinados está confinada ya que se ha encontrado que la geometría del confinamiento es crítica para la detonación con éxito del explosivo de trabajo. De este modo, la carga de explosivos confinados debería ser confinada de tal manera para contener la ignición inicial de la carga confinada y para permitir la subsiguiente propagación para la detonación total. Una variedad de medios de confinamiento (geometría y material) puede ser empleada en la puesta en práctica de la realización de la presente invención.

10 En una realización la carga de explosivos confinados puede estar confinada en un miembro tubular alargado. Usualmente, éste será de sección transversal circular, aunque esto no es obligatorio. Cuando se usa un miembro tubular alargado, el diámetro interno del miembro tubular debería ser mayor que el diámetro crítico para el explosivo que está confinado. Cuando la carga de explosivos confinados está fuertemente confinada, por ejemplo, cuando los medios de confinamiento están hechos de un metal, el diámetro interno del miembro tubular puede ser hasta 3
15 veces mayor que el diámetro crítico para el explosivo que está confinado.

Un miembro tubular típico de sección circular transversal útil en la presente invención generalmente tiene un diámetro interior de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 mm, por ejemplo aproximadamente 3 mm, y una longitud de hasta aproximadamente 110 mm, por ejemplo de 20 mm a 110 mm. La longitud del miembro tubular
20 requerida para la transmisión de la carga de explosivos confinados variará entre diferentes tipos de explosivos. Por ejemplo, para el PETN, la longitud mínima del miembro tubular será de aproximadamente 30 mm, en tanto que para la pentolita la longitud mínima será de aproximadamente 90mm (para un diámetro interior de aproximadamente 3 mm).

Los medios de confinamiento pueden adoptar otras geometrías. De este modo, los medios de confinamiento esféricos o cónicos pueden ser usados. Ejemplos de materiales apropiados para los medios de confinamiento
25 incluyen metales y aleaciones de metales, por ejemplo aluminio y acero, y materiales poliméricos de alta resistencia.

Para los fines de ilustración, en lo que sigue, la invención se describirá en conexión con un miembro alargado tubular de sección transversal circular como medio de confinamiento.

Típicamente, la carga de explosivos de trabajo está dispuesta en contacto (directo) con una porción de la carga de explosivos confinados.

30 De acuerdo con la presente invención no se usa una fibra óptica para comunicar una luz procedente de la fuente de luz a la carga de explosivos confinados sino que más bien la fuente de luz descarga a través de una lente de enfoque directamente en o sobre la carga de explosivos. Esto simplifica el diseño y la manufactura, y es más económico. Por ejemplo, puede ser posible sustituir la porción de "ventana" de un diodo de laser con una lente (de zafiro) que enfoque la luz emitida desde el diodo sobre el explosivo. Este método aumenta la eficiencia.

35 La carga de explosivos de trabajo que es deseada para detonar está generalmente dispuesta en contacto (directo) con al menos una porción de la carga de explosivos confinados. Dependiendo de la forma en la que está dispuesta la carga de explosivos, la carga de explosivos puede también rodear el miembro tubular en el que el explosivo confinado está confinado. En otras palabras, el miembro tubular puede estar embebido en la carga de explosivos.

40 En una realización relacionada la carga de explosivos que está para ser iniciada por luz adopta la forma de un impulsor, por ejemplo un impulsor de pentolita. En este caso, la carga de explosivos confinados, preferiblemente el PETN o pentolita, está dispuesta en un miembro tubular alargado que está embebido en el impulsor. El impulsor puede ser diseñado en consecuencia para acomodar el miembro tubular. De este modo, el miembro tubular puede estar dispuesto y asegurado en el impulsor en un pozo adecuado, como es el caso de los impulsores iniciados por detonador. De otro modo, se pueden usar impulsores para poner en práctica esta realización.

45 Alternativamente, en otra realización relacionada de la invención, el impulsor de pentolita puede ser echado alrededor y con un miembro tubular apropiado. En este caso, puede ser posible poner en práctica la invención usando un impulsor que comprende una carcasa/envoltura y un miembro tubular integralmente formado que se extiende en una cavidad definida por la carcasa/envoltura. Un o unos materiales explosivos apropiados pueden entonces ser echados en la carcasa/envoltura y el miembro tubular.

50 Estas realizaciones de la presente invención que se refieren al impulsor pueden tener una aplicación práctica en exploración sísmica en donde los impulsores (pentolita) son usados para generar señales (ondas de choque) para análisis para determinar las características geológicas en la búsqueda de depósitos de petróleo y gas. La presente invención se extiende así para uso de esta realización de la invención en exploración sísmica.

También es posible para la carga de explosivos de trabajo adoptar la forma de una longitud de un cordón detonante.
55 En este caso el extremo del cordón detonante está normalmente dispuesto en contacto directo con al menos una porción de la carga de explosivos confinados. Cualquier retenedor o conector apropiado puede ser usado para

asegurar que este contacto directo es mantenido antes de uso. Aparte de la iniciación del cordón detonante, el cordón detonante puede ser usado de una manera convencional. La detonación instantánea del cordón detonante a lo largo de varios agujeros de voladura podría mostrarse ventajosa en operaciones de precorte y de voladura del perímetro del túnel. En otra realización el cordón detonante puede él mismo ser usado para iniciar un impulsor, por ejemplo un impulsor que comprende una emulsión explosiva. En este caso un extremo del cordón de detonación será embebido en el impulsor del explosivo con el otro extremo del cordón estando disponible para la iniciación de luz de acuerdo con la presente invención.

En otra realización las cargas de explosivos confinados y de trabajo pueden ser un material explosivo en emulsión. El material explosivo en emulsión convencional puede ser usado a este respecto. En esta realización una porción del material explosivo en emulsión puede estar confinado en un miembro tubular alargado apropiado e inmerso/embebido en la emulsión de la carga de trabajo. En esta realización (y para todas las demás) la naturaleza y dimensiones de los medios usados para el confinamiento pueden ser manipulados con el fin de optimizar la puesta en práctica de la invención.

En otra realización la carga de explosivos iniciada por la luz puede ella misma ser apropiada para conseguir el resultado deseado de la voladura. Por ejemplo, la carga de explosivos desplegada en una configuración del dispositivo apropiada puede ser adecuada para perforar una carcasa de un pozo en la exploración de petróleo o gas.

La carga de explosivos para ser iniciados por luz y la fuente de luz son seleccionados basándose en el resultado requerido y los dos tienen que ser emparejados en consecuencia. Ejemplos de fuentes de luz que pueden ser usadas incluyen lasers en estado sólido, diodos de laser, LEDs y otras fuentes de luz electrónicas. El diseño compacto y el bajo consumo de energía son unas características deseables para la fuente de luz. A modo de ejemplo, un laser de potencia de 1-10 W puede ser apropiado para uso en la invención. La longitud de onda de laser puede estar dentro de la zona cercana a la zona de los infrarrojos y, en efecto, esto es preferido, aunque se pueden usar otras longitudes de onda. Una lente canaliza y enfoca la salida del laser en o sobre la carga de explosivos.

Como se ha advertido aquí antes, el explosivo iniciado por luz es un material explosivo secundario tal como los PETN, tetrilo, RDX, HMX, y pentolita. El uso de PETN o pentolita tiende a ser preferido. No obstante, es posible que la carga de explosivos es una emulsión convencional explosiva, tal como un explosivo de emulsión de agua en petróleo, o un material de explosivos agua-gel.

La carga de explosivos se dosifica con un medio de transferencia de calor para mejorar el acoplamiento de la energía luminosa irradiada desde la fuente de luz y la carga explosiva. Típicamente, el medio de transferencia del calor es un material que absorbe la luz que tiene una banda de absorción en la longitud de onda de la luz que se está usando. Ejemplos de medios de transferencia de calor incluyen el negro de carbono, los nanotubos de carbono, nanodiamantes y colorantes de laser. Tales materiales son conocidos en la técnica y son comercialmente disponibles.

En una realización de la invención puede ser posible usar un destello de una cámara convencional para iniciar una carga de explosivos. Se conoce, por ejemplo, que unos nanotubos de carbono no purificados de una pared (SWCNT) pueden ser hechos que se inflamen cuando la luz es aplicada a ellos desde un destello de una cámara normal. Se cree que esto se debe a la oxidación de un catalizador de nanopartículas que están presentes en los extremos o sobre la superficie de los nanotubos.

La reacción de iniciación del destello no es particularmente violenta ya que solamente pequeñas zonas de los nanotubos parece que muestran una reacción. No obstante, si el nano-magnesio y/o el nano-hierro son mezclados con partículas de nano-hierro puede resultar una reacción más intensa y violenta siendo emitidas significativas cantidades de calor. Típicamente, el tamaño de las partículas para las partículas de hierro y magnesio será de 2 a 4.000 μm pero, preferiblemente, del orden de 6 a 100 μm . La reacción puede ser una reacción de termita con el óxido formado. El calor adicional asociado con esa reacción puede facilitar la iniciación de una carga de explosivos dosificada con los nanotubos, o una mezcla de partículas de nano-hierro y de nano-magnesio. Es posible que el mismo efecto pueda ser conseguido usando un LED o un laser de alta intensidad, más bien que un destello de la cámara.

De la misma forma otros aditivos que sirven como fuente termal y que toman parte activamente en reacciones de detonación pueden ser incluidas en el explosivo confinado. Tales materiales incluyen nanomateriales nitrados, nanocables de silicio y otros combustibles ópticamente sensibles. La cantidad de tales materiales puede ser de hasta el 10% en peso de la carga de explosivos confinados. El uso de uno o más medios de transferencia de calor y de materiales ópticamente sensibles puede permitir conseguir una detonación con unos órdenes de magnitud de las energías de irradiación menores que cuando no se usan tales medios y materiales.

La invención también se refiere a un método de voladura que usa un dispositivo de iniciación de acuerdo con la invención. En este caso la fuente de luz del dispositivo es proporcionada en asociación operativa con una carga de explosivos que está adaptada para ser iniciada por luz por la fuente de luz usada en el dispositivo. El método comprende la transmisión de una señal de mando inalámbrica apropiada al dispositivo, siendo recibida la señal de mando por el transceptor y procesada por el circuito de control. El circuito de control activa la fuente de luz y esto

hace que la carga de explosivos sea iniciada. La carga de explosivos está típicamente asociada con y provoca la iniciación de una carga de explosivos de trabajo asociada.

La invención además proporciona un sistema de voladura que comprende un dispositivo de iniciación de acuerdo con la invención y con el equipo de control de la voladura que está adaptado para transmitir señales de mando inalámbricas al dispositivo.

La presente invención puede tener un particular uso en la industria del Petróleo y el Gas (O&G). Las posibles aplicaciones dentro de esta industria incluyen el uso en la terminación de los pozos O&G, específicamente en la iniciación de explosivos dentro de los cañones de perforación. Los cañones de perforación se usan en la etapa final (terminación) de un pozo O&G para romper la carcasa establecida de hormigón (y/u otros materiales) durante el proceso de realización del pozo. Un propósito adicional del cañón de perforación es fracturar la formación que mantiene el petróleo con el fin de estimular el flujo del petróleo y/o el gas. Esto puede suceder si la carcasa del pozo está intacta o no. La perforación de pozos de O&G es generalmente realizada por personal especializado a través de compañías de servicio especializadas, aunque son posibles otros arreglos.

La presencia de explosivos primarios (entre otras cosas) en el tren de disparo del cañón de perforación significa que una vez que el tren de explosivos está establecido en (o cerca) de una plataforma de trabajo de un pozo O&G una serie de actividades debe cesar, lo que resulta en una importante pérdida de productividad del pozo. Retirando los explosivos primarios de este entorno se proporciona así un beneficio económico tangible además de la ventaja de una seguridad sustancial inherente en los explosivos secundarios (frente a los primarios). La presente invención facilita la fotoiniciación directa de los explosivos secundarios y esto eliminará este peligro y permitirá una significativa más amplia gama de actividades para continuar.

Una posterior aplicación de la industria O&G es el uso en la exploración de O&G a través de estudios sísmicos. Los explosivos son fuentes importantes de energía sísmica usadas para descubrir las características geológicas del subsuelo capaces de retener O&G. Los estudios sísmicos implican enterrar una o más cargas de explosivos a unas profundidades predeterminadas (por ejemplo, agujeros de explosión) en conjuntos de diseño particular. Los conjuntos de geófonos (u otros dispositivos de medida) están también establecidos para detectar (así como en algunos casos dirigir) la energía sísmica reflejada. Los explosivos son entonces iniciados, las medidas de la energía sísmica resultante (incluidos los antecedentes) son registrados y se realiza un análisis para visualizar las características geológicas importantes.

Los conjuntos de explosivos son general y relativamente grandes, consientes de 10's, 100's o incluso 1.000's de cargas individuales. Estas cargas son generalmente desplegadas por equipos relativamente pequeños de personas y un tiempo significativo puede transcurrir entre las cargas primera y última que dan lugar a largos períodos en los que explosivos activos son dejados en agujeros de explosión. Pueden surgir otros retrasos debido a las actividades técnicas que rodean un estudio que incluyen, pero no están limitados a, establecer el tren de disparo, el conjunto de medida u otras actividades relacionadas. Incluso pueden surgir posteriores retrasos producidos por temas no específicos que incluyen la programación del personal/equipo, el clima u otros temas estacionales. Considerados en su conjunto, estos retrasos (y otros no especificados) dan como resultado unos tiempos inactivos de explosivos potencialmente largos, es decir los explosivos desplegados antes de la iniciación. Las aplicaciones de los estudios sísmicos pueden resultar en tiempos inactivos más largos que la mayor parte de otras aplicaciones de explosivos que hacen que la retirada de los explosivos primarios sea particularmente preferible en este contexto.

Como se ha advertido, la presente invención permite que se evite el uso de materiales explosivos primarios. Uno de las ventajas de seguridad de esto en exploración sísmica es que la sensibilidad en general a la detonación por medios no específicos es significativamente reducida. Esto es ventajoso durante el estudio ya que reduce la posibilidad de una detonación no intencionada. Es también importante después de la finalización del estudio ya que es aceptado que una cierta proporción de cargas desplegadas fallarán en detonar. Esta proporción puede ser de hasta el 10% dependiendo de las condiciones locales pero es generalmente considerablemente inferior. Debido a los peligros implicados en la recuperación de las cargas fallidas, muchas son dejadas en el sitio y son abandonadas. La presencia de explosivos primarios altamente sensitivos en estas cargas desplegadas significa que la sacudida, u otro suceso, pueden llevar a una detonación no intencionada por estímulos no específicos. Las posibilidades de esto son significativamente reducidas si la presente invención es empleada con el fin de evitar el uso de explosivos primarios.

A pesar de la sensibilidad reducida de los explosivos secundarios en un amplio conjunto de estímulos, el sistema de fotoiniciación se disparará solamente en respuesta a un estímulo específico. Los sistemas probados y seguros para generar este estímulo existen e incluyen, aunque no están limitados a sistemas electrónicos, capaces de generar un incendio, no a señales de incendio o desarmado. Es altamente improbable que la señal de incendio sea generada en el entorno de una carga abandonada por casualidad.

Una ventaja adicional de retirada de explosivos primarios es medioambiental, en la que muchos explosivos primarios ampliamente usados incluyen unos compuestos altamente tóxicos y medioambientalmente estables. Un ejemplo de esto es el amplio uso de ácido de plomo de los detonadores – el componente de ácido es un veneno altamente tóxico y el plomo es reconocido medioambientalmente como contaminante que no puede ser eliminado por un

proceso natural. Mientras que muchos explosivos secundarios están clasificados como contaminantes recalcitrantes, existen mecanismos naturales en la naturaleza para su degradación eficiente con la biodegradación informada para todos los explosivos secundarios en uso amplio.

- 5 Muchas modificaciones serán evidentes para los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la presente invención definida por las reivindicaciones anejas.

A lo largo de esta especificación y de las reivindicaciones que siguen, a menos que el contexto lo requiera de otro modo, la palabra “comprender”, y las variaciones tal como “comprende” y “comprendiendo”, se entenderá que implican la inclusión de un número entero declarado o paso o grupo de números enteros o pasos pero no la exclusión de cualquier otro número entero o paso o grupo de números enteros o pasos.

- 10 La referencia en esta especificación a cualquier publicación anterior (o información derivada de ella), o a cualquier materia que sea conocida, es no, y no debería ser tomada como un reconocimiento o admisión o cualquier forma de sugerencia que la publicación anterior (o una información derivada de ella) o materia conocida o materia conocida forme parte del conocimiento general común en el campo de los esfuerzos a los que se refiere esta especificación.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de iniciación para la iniciación de una carga de explosivos, que comprende:
un transceptor para la recepción de señales de mando inalámbricas:
un circuito de control para el procesamiento de señales de mando inalámbricas recibidas por el transceptor; y
5 una fuente de luz que es apropiada para la iniciación de la carga de explosivos y que es activada por el circuito de control,
caracterizado por que
el circuito de control comprende un mecanismo de temporización para permitir el control preciso de la activación de la fuente de luz cuando una orden de activación es recibida por el transceptor,
10 la fuente de luz descarga a través de una lente de enfoque directamente en o sobre la carga de explosivos, y
la carga de explosivos es un material de explosivos secundarios dosificados con un medio de transferencia de calor.
2. El dispositivo de iniciación de la reivindicación 1, en donde el transceptor tiene la capacidad de recibir solamente señales de mando inalámbricas.
- 15 3. El dispositivo de iniciación de la reivindicación 1, en donde el transceptor tiene la capacidad de comunicación bidireccional.
4. El dispositivo de iniciación de la reivindicación 1, en donde el circuito de control tiene la capacidad funcional adicional y es receptivo a una variedad de señales de mando inalámbricas recibidas por el transceptor.
5. El dispositivo de iniciación de la reivindicación 1, que comprende un único transceptor y una pluralidad de circuitos de control asociados y fuentes de luz.
20
6. El dispositivo de iniciación de la reivindicación 1, en donde el material de explosivos secundarios es seleccionado a partir del PETN, tetrito, RDX, HMX y pentolita.
7. El dispositivo de iniciación de la reivindicación 1, en donde el medio de transferencia de calor es seleccionado a partir de negro de carbono, nanotubos de carbono, nanodiamantes y colorantes de laser.
- 25 8. Un sistema de voladura libre de detonadores que comprende:
una carga de explosivos de trabajo;
una carga de explosivos confinados; y
un dispositivo de iniciación como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el dispositivo de iniciación está dispuesto para entregar luz directamente en o sobre la carga de explosivos confinados
30 y la carga de explosivos confinados está adaptada para ser iniciada por esa luz y en donde la iniciación de la carga de explosivos confinados provoca la iniciación del explosivo de trabajo.
9. Un sistema de voladura que comprende un dispositivo de iniciación como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 y un equipo de control de la voladura que está adaptado para transmitir señales de mando inalámbricas al dispositivo.
- 35 10. Un método de voladura que usa un dispositivo de iniciación como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, cuyo método comprende la transmisión de una señal FIRE de mando inalámbrica al dispositivo, la recepción de la señal de mando por el transceptor y el procesamiento de la señal de mando por el circuito de control, y la activación de la fuente de luz por el circuito de control provocando de este modo la iniciación de la carga de explosivos.
- 40 11. El método de la reivindicación 10, en donde una señal FIRE de mando inalámbrica es enviada a un conjunto de dispositivos de iniciación con los dispositivos poniendo en práctica a continuación la activación independientemente de acuerdo con el retardo temporal programado en el circuito de control de los respectivos dispositivos.
12. El método de la reivindicación 10, en donde un único transceptor recibe la señal de mando inalámbrica y una pluralidad de circuitos de control asociados procesan la señal de mando y activan una pluralidad de fuentes de luz asociadas.
45

13. El método de la reivindicación 10, en donde el transceptor está físicamente situado de modo que las señales de mando inalámbricas puedan ser recibidas directamente usando unos sistemas y protocolos de transmisión de radiofrecuencia normales.
- 5 14. El método de la reivindicación 10, en donde el transceptor está situado debajo del nivel del suelo con unas señales de mando inalámbricas siendo transmitidas a través del suelo por medio de señales de baja frecuencia.
15. El método de la reivindicación 10, en donde un sistema aéreo se extiende desde el transceptor a un punto en el que las señales de mando inalámbricas pueden ser recibidas.
- 10 16. El método de la reivindicación 10, en donde está formada una red de baja potencia en la que uno o más dispositivos de iniciación actúan para retransmitir una señal de mando inalámbrica a un dispositivo de iniciación particular incluso si dicho dispositivo está fuera de alcance o de otro modo es incapaz de recibir la señal de mando inalámbrica directamente.